



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11026848 A**(43) Date of publication of application: **29 . 01 . 99**

(51) Int. Cl

**H01S 3/094**  
**G02B 6/12**  
**H04B 10/17**  
**H04B 10/16**  
**H04B 10/14**  
**H04B 10/06**  
**H04B 10/04**

(21) Application number: **09175668**(22) Date of filing: **01 . 07 . 97**(71) Applicant: **MITSUBISHI ELECTRIC CORP**(72) Inventor: **YAMANAKA SHIGEO**(54) **HIGH-RELIABILITY OPTICAL AMPLIFIER**

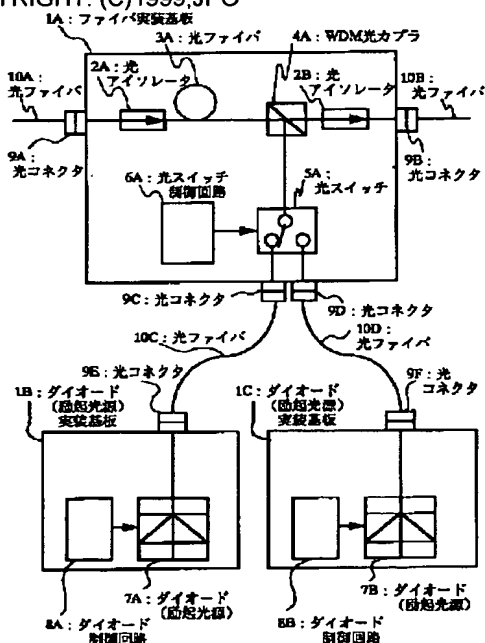
(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a high-reliability optical amplifier the circuit scale of which can be reduced by providing an optical switch which is connected to two independently excited pumping light sources and can selectively output the light from one of the light sources.

**SOLUTION:** Optical signals transmitted through a signal light transmitting optical path fiber 10A are outputted to another signal light transmitting optical path fiber 10B after the signals are coupled with each other by means of 1,480 nm/1,550 nm WDM optical coupler 4A and amplified by excited light. The excited light is excited by means of exciting diodes 7A and 7B and inputted to an optical fiber mounting substrate 1A. The excited light rays inputted to the substrate 1A are respectively made incident to the different incident ports of an optical switch 5A. The switch 5A selects either one of the excited light rays by means of a switch switching circuit 6A and outputs the selected excited light to the coupler 4A. When abnormality occurs in the selected one of the exciting diodes 7A and 7B of pumping light source mounting substrates 1B and 1C, only the abnormal substrate is exchanged by switching the switch 5A without interrupting the operation of the

system.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-26848

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月29日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 S 3/094

H 0 1 S 3/094

S

G 0 2 B 6/12

G 0 2 B 6/12

H

H 0 4 B 10/17

H 0 4 B 9/00

J

10/16

S

10/14

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平9-175668

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月1日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 山中 重雄

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

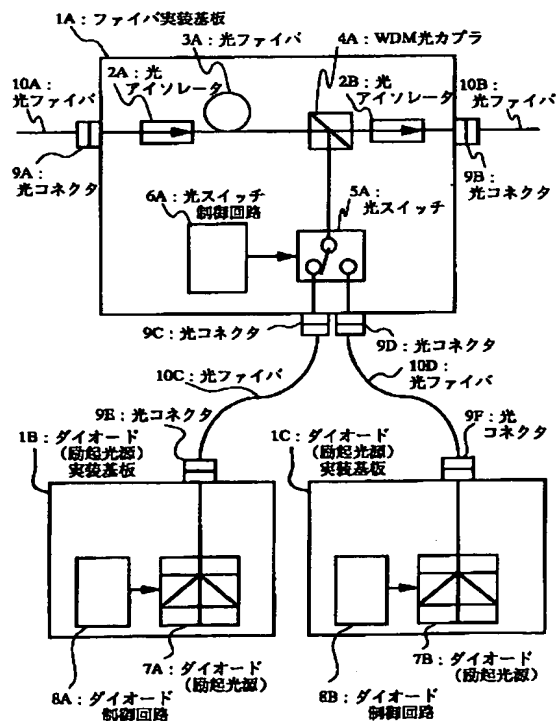
(74) 代理人 弁理士 宮田 金雄 (外2名)

(54) 【発明の名称】 高信頼度光増幅器

(57) 【要約】

【課題】 少い構成要素を用いて低出力の励起光源でも高信頼度の光増幅器を得る。

【解決手段】 ポンプ光源で光ファイバ中の入力信号を増幅する構成において、独立に励起する2つのポンプ光源と、これら2つの光源に接続されて励起している光源からの光を選択して光ファイバに供給する光スイッチを備えた。または、ポンプ光源で光ファイバ中の入力信号を増幅する構成において、入力信号を増幅する光ファイバの入力側と出力側に設けられた光混合器と、これら2つの光混合器に接続されていずれか一方だけが励起する2つのポンプ光源と、これら2つのポンプ光源のいずれを励起するか制御するポンプパワー制御回路を備えた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ポンプ光源で光ファイバ中の入力信号を増幅する構成において、

独立に励起する 2 つのポンプ光源と、

上記 2 つの光源に接続されて、励起している光源からの光を選択して光ファイバに供給する光スイッチを備えたことを特徴とする高信頼度光増幅器。

【請求項 2】 ポンプ光源で光ファイバ中の入力信号を増幅する構成において、

入力信号を増幅する光ファイバの入力側と出力側に設けられた光混合器と、

上記 2 つの光混合器に接続され、いずれか一方だけが励起する 2 つのポンプ光源と、

上記 2 つのポンプ光源のいずれを励起するか制御するポンプパワー制御回路を備えたことを特徴とする高信頼度光増幅器。

【請求項 3】 ポンプ光源で光ファイバ中の入力信号を増幅する構成において、

入力信号を増幅する光ファイバの入力側と出力側に設けられた光混合器と、

上記 2 つの光混合器に接続され、いずれか一方だけが励起する 2 つのポンプ光源と、

上記 2 つのポンプ光源と上記 2 つの光混合器の間に設けられて励起しているポンプ光源だけを光混合器に接続する光スイッチを備えたことを特徴とする高信頼度光増幅器。

【請求項 4】 ポンプ光源で光ファイバ中の入力信号を増幅する構成において、

上記光ファイバと、光ファイバ中での光増幅用に設けられた光混合器とを組にした光増幅ユニットを、複数ユニットと、

上記複数の光増幅ユニットに出力側を接続し、上記出力側の出力数と同数以上の入力側を設けた光カプラと、

上記光カプラの上記入力側に接続されて、ポンプ光源と、該ポンプ光源からの光をオン・オフする光スイッチとを組にしたポンプ光源ユニットを、上記光カプラの出力数と同数以上の複数ユニット、備えたことを特徴とする高信頼度光増幅器。

【請求項 5】 ポンプ光源で光ファイバ中の入力信号を増幅する構成において、

上記光ファイバと、光ファイバ中での光増幅用に設けられた光混合器とを組にした光増幅ユニットを、複数ユニットと、

上記複数の光増幅ユニットに出力側を接続し、上記出力側の出力数と同数以上の入力側を設けた光カプラと、

上記光カプラの上記入力側に接続されるポンプ光源を、上記光カプラの出力数と同数以上の複数個と、

上記光増幅ユニットまたは上記光カプラ中の光を監視して上記ポンプ光源の内の所定数を励起制御するポンプパワー制御回路とを備えたことを特徴とする高信頼度光増

幅器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光通信分野において大容量長距離基幹系などの光伝送システムに用いられる光増幅の信頼度向上に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】光通信分野において、特に基幹系伝送システムでは増幅器システムを 2 重化して信頼性を向上するシステムが従来より数多く提案されている。図 9、図 10 はよく知られた従来の長距離中継光伝送における中継器ファイバアンプの冗長化システムである。第 1 の従来例を図 9 を用いて説明する。図 9 において、1 U、1 U 2 は光ファイバアンプ実装基板、1 V は 1 本の光ファイバで伝送されてきた光信号を 1 U、1 U 2 に分配する光カプラ実装基板、1 W は光ファイバアンプ 1 U、1 U 2 で増幅された光信号の一方を光スイッチによって選択して出力する光スイッチ実装基板、2 A、2 A 2、2 B、2 B 2 は入射した光信号が反射により逆行するのを防ぐ光アイソレータ、3 A、3 A 2 は波長が 1 5 5 0 n m 帯の光信号を増幅する媒体であるエルビウムイオンを含むエルビウムドープファイバ、4 A、4 A 2 は上述エルビウムイオンを励起する 1 4 8 0 n m の励起光と 1 5 5 0 n m 帯光信号を合波する合波カプラ、5 A は光ファイバアンプ実装基板 1 W に入射した光信号の一方のみを選択して出力する光スイッチ、6 A は光スイッチ 5 A のスイッチ切替の制御をする制御回路、7 A、7 A 2 は前記エルビウムイオンを励起する励起レーザダイオード、8 A、8 A 2 は励起レーザダイオード 7 A、7 A 2 の出力を制御する励起レーザダイオード制御回路、9 A、9 A 2、9 B、9 B 2、9 K、9 L、9 M、9 N、9 P、9 P は各基板を光ファイバで接続する光コネクタ、1 0 A、1 0 A 2、1 0 B、1 0 B 2、1 0 I、1 0 J は信号光を伝送する伝送路光ファイバ、1 1 K は 1 本の光ファイバで伝送されて光カプラ実装基板 1 V に入射した光信号を光ファイバアンプ実装基板 1 U、1 U 2 に分配する光カプラである。

【0003】次に動作を説明する。図 9 において、光ファイバ 1 0 I を伝送してきた光は光コネクタ 9 K より光カプラ実装基板 1 V に入射し、光カプラ 1 1 K で 2 波に分岐された後それぞれ光コネクタ 9 L、9 M より出力される。2 分岐された信号のうち、光コネクタ 9 L より出力された信号は、光ファイバ 1 0 A を伝送して光コネクタ 9 A より光コネクタ 1 U に入射し、アイソレータ 2 A を通過して光ファイバ 3 A 内で励起レーザダイオード 7 A から WDM 光カプラ 4 A を通過した励起光により増幅された後、光アイソレータ 2 B を通過して光コネクタ 9 B より出力される。光コネクタ 9 B より出力された光信号は、伝送路光ファイバ 1 0 B を伝送し光コネクタ 9 N より光スイッチ実装基板 1 W に入射する。一方、光コネ

クタ9Mより出力された信号も同様に、信号光伝送路光ファイバ10A2を伝送して光コネクタ9A2よりエルビウムドープファイバ実装基板1U2に入射し、増幅された後、光コネクタ9B2より出力され信号光伝送路光ファイバ10B2を伝送して光コネクタ9Pより光スイッチ実装基板1Wに入射する。光コネクタ9N、9Pより入射した光はそれぞれ光スイッチ5Aの別々の入射ポートに入射し、どちらか一方の光信号を選択するように光スイッチ制御回路6Aの制御信号で光スイッチ5Aを切り替えて出力する。選択された光信号は、光コネクタ9Qより伝送路光ファイバ10Jに出力される。エルビウムドープファイバ実装基板1U、1U2で選択された方に異常が発生した場合、光スイッチ制御回路6Aによって光スイッチ5Aを他方に切り換えることで信頼性の高いシステムを構築している。

【0004】第2の従来例を図10を用いて説明する。この例は、1つの励起（ポンプ）光源を2つのシステムで共用するものである。図10において、4B、4B2は上述エルビウムイオンを励起する1480nmの励起光と1550nm帯光信号を合波する合波カプラ、7A、7Bは上述エルビウムイオンを励起する励起レーザダイオード、10C、10C2は励起光を伝送する伝送路光ファイバ、11Gは2入力の励起光を合波して再び2出力に分配する光カプラである。他の要素は図9の対応する番号の要素と同等のものである。

【0005】上述構成の装置の動作を説明する。図10において、信号光伝送路光ファイバ10A、10Bを伝送してきた光信号はそれぞれ1480nm/1550nmWDM光カプラ（混合器）4B、4B2で励起光を合波されてエルビウムドープ光ファイバ3A、3A2を通過して増幅され、信号光伝送路光ファイバ10B、10B2に出力される。一方、励起光はポンプレーザダイオード（励起光源）7A或いはポンプレーザダイオード（励起光源）7Bの一方より出力され光カプラ11Gで2分波されて、それぞれ光カプラ10C、10C2を通過して1480nm/1550nmWDM光カプラ4B、4B2により光信号と合波される。ポンプレーザダイオード（励起光源）7A、7Bの現用系で異常が発生した場合は、電気制御信号14Dによって予備系のポンプレーザダイオードと切り換える。こうすることで信頼性の高いシステムを構築することができる。この場合には1励起（ポンプ）光で2つの増幅器を励起しているのでポンプ光源は高出力のものが必要となる。または1つの増幅器用のポンプ光では所定の出力が得られない。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記図9のような従来の光ファイバアンプの冗長化構成では、高額な光受動部品も含めて冗長化するため高額なコストになっていた。海底中継器の場合は、故障時に中継器の引き上げなどにかかるコストが莫大なため、部品自体をかなり高額な高

信頼性部品にするか、2重化しても片系が故障したときに故障箇所のみでの交換は不可能である。一方、陸上中継器の場合は2重化しておくで片系が故障したときに故障箇所のみでの交換は可能である。しかし、完全2重化すると回路規模は倍となり、コストが2倍以上になってしまい、特に光ファイバアンプなどでは光学部品が高額であり要するコストは交換も考えるととても大きくなるという課題があった。

【0007】

10 【課題を解決するための手段】この発明に係る高信頼度光増幅器は、ポンプ光源で光ファイバ中の入力信号を増幅する構成において、独立に励起する2つのポンプ光源と、これら2つの光源に接続されて励起している光源からの光を選択して光ファイバに供給する光スイッチを備えた。

20 【0008】または、ポンプ光源で光ファイバ中の入力信号を増幅する構成において、入力信号を増幅する光ファイバの入力側と出力側に設けられた光混合器と、これら2つの光混合器に接続されていずれか一方だけが励起する2つのポンプ光源と、これら2つのポンプ光源のいずれを励起するか制御するポンプパワー制御回路を備えた。

30 【0009】または、ポンプ光源で光ファイバ中の入力信号を増幅する構成において、入力信号を増幅する光ファイバの入力側と出力側に設けられた光混合器と、これら2つの光混合器に接続されていずれか一方だけが励起する2つのポンプ光源と、これら2つのポンプ光源と上記2つの光混合器の間に設けられて励起しているポンプ光源だけを光混合器に接続する光スイッチを備えた。

40 【0010】または、ポンプ光源で光ファイバ中の入力信号を増幅する構成において、光ファイバと光ファイバ中での光増幅用に設けられた光混合器とを組にした光増幅ユニットを複数ユニットと、これら複数の光増幅ユニットに出力側を接続し、出力側の出力数と同数以上の入力側を設けた光カプラと、光カプラの入力側に接続されて、ポンプ光源とこのポンプ光源からの光をオン・オフする光スイッチとを組にしたポンプ光源ユニットを、光カプラの出力数と同数以上の複数ユニットを備えた。

50 【0011】または、ポンプ光源で光ファイバ中の入力信号を増幅する構成において、光ファイバと光ファイバ中での光増幅用に設けられた光混合器とを組にした光増幅ユニットを複数ユニットと、これら複数の光増幅ユニットに出力側を接続し、出力側の出力数と同数以上の入力側を設けた光カプラと、光カプラの上記入力側に接続されるポンプ光源を光カプラの出力数と同数以上の複数個と、光増幅ユニットまたは光カプラ中の光を監視してポンプ光源の内の所定数を励起制御するポンプパワー制御回路とを備えた。

【0012】

【発明の実施の形態】

実施の形態1. 図1に本発明の実施の形態1における高信頼度光増幅器の構成を示す。図1において、1Aは光ファイバアンプ実装基板、1B、1Cは1480nmの励起レーザダイオードとその制御回路を実装した励起光源実装基板、2A、2Bは入射した光信号が反射により逆行するの防ぐ光アイソレータ、3Aは波長が1550nm帯の光信号を増幅する媒体であるエルビウムイオンを含むエルビウムドープファイバ、4Aは前記エルビウムイオンを励起する1480nmの励起光と1550nm帯光信号を合波する混合器(WDM光カプラ)、5Aは励起光源実装基板1B、1Cより入射した励起光の一方を選択して出力する光スイッチ、6Aは光スイッチ5Aのスイッチ切換の制御をする制御回路、7A、7Bは前記エルビウムイオンを励起する励起レーザダイオード(励起光源)、8A、8Bはポンプレーザダイオード7A、7Bの出力を制御する励起レーザダイオード制御回路、9A、9B、9C、9D、9E、9Fは各基板を光ファイバで接続する光コネクタ、10A、10Bは信号光を伝送する伝送路光ファイバ、10C、10Dは励起光を伝送する伝送路光ファイバである。

【0013】次に上述構成の装置の動作を説明する。図1において信号光伝送路光ファイバ10Aを伝送してきた光信号がエルビウムドープファイバ実装基板1Aに入射し、エルビウムドープ光ファイバ3A内で1480nm/1550nmWDM光カプラ(混合器)4Aで結合されて入射してできた励起光により増幅された後、光アイソレータ2Bを通過して信号光伝送路光ファイバ10Bに出力される。励起光はポンプレーザダイオード実装の励起光源実装基板1B、1C内で励起レーザダイオード7A、7Bで励起され、それぞれポンプ光伝送路光ファイバ10C、10Dを伝送してエルビウムドープファイバ実装基板1Aに入力される。入力した励起光はそれぞれ光スイッチ5Aの別々の入射ポートに入射する。光スイッチ5Aはスイッチ切換回路6Aによってどちらか一方の励起光を選択し1480nm/1550nmWDM光カプラ(混合器)4Aに出力する。これら能動部品は、通常は現用だけが励起され、予備系は励起されていない。ポンプレーザダイオード実装の励起光源実装基板1B、1Cの励起レーザダイオード7A、7Bの内選択された方に異常が発生した場合、システム運用状態のままスイッチ5Aを他方に切り換え、同時にそちらの励起レーザダイオードを励起して、異常基板のみを交換する。

【0014】本実施の形態によれば、エルビウムドープファイバ実装基板1Aに可能な限り信頼性の高い光受動部品のみを実装し、電氣能動部品のみを冗長構成にして各々ポンプレーザダイオード実装の励起光源実装基板1B、1Cとし、また冗長部の現用系に異常が発生した場合システム運用状態のまま予備系に切り換えて異常基板のみを交換できるので、信頼性が高く、操作性がよく、

かつ回路規模を最小限に抑えたシステムを構築できる。また、励起光の経路には光スイッチのみが挿入されているので、1480nm/1550nmWDM光カプラ(混合器)4Aに入力される励起光パワーは完全冗長化の場合と比べて遜色がないレベルで入力できるので、第2の従来例のような欠点がなく、所望の増幅光信号を得ることができる。

【0015】1つの励起光源で2つの増幅器を増幅するシステムに本発明の光信頼度光増幅器を適用した場合を説明する。図2はその構成を示す図であり、図において、1A2は光ファイバアンプ実装基板、1Eは1480nmの励起レーザダイオードとその制御回路及び光カプラを実装した基板で、11A、11Bは光カプラである。これらの基板に実装される2A2、2B2の光アイソレータ、3A2の光ファイバ、4A2の光混合器、5A2の光スイッチ、6A2の光スイッチ制御回路、7C、7Dのレーザダイオード、8C、8Dのダイオード制御回路は、図1の同盟の基板に実装された要素と同等のものである。また、9A2、9B2、9C2、9D2、9G、9Hは光コネクタ、10C2、10D2は励起光伝送用光ファイバである。

【0016】上述構成の装置の動作は、図2の構成図から容易に想定されるが、概要のみを述べておく。同機能を有するエルビウムドープファイバ実装基板1Aと1A2が同一装置内に実装され、ポンプレーザダイオード実装の励起光源実装基板1D、1Eからの各励起光がそれぞれ光コネクタ9C2、9D2より入力してくる。励起光はポンプレーザダイオード実装の励起光源実装基板1D内では常に双方が励起されている励起レーザダイオード7A、7Cより出力され、1度カプラ11Aで合波される。この合波された励起光は再び2分配してそれぞれ光コネクタ9E、9Gに出力され、エルビウムドープファイバ実装基板1A、1A2に入力される。ポンプレーザダイオード実装の励起光源実装基板1Eはポンプレーザダイオード実装の励起光源実装基板1Dと全く同一の構成で同様に励起光が1A、1A2に入力される。この入射した励起光は光スイッチ5A、5A2で現用系、予備系を選択される。ポンプレーザダイオード実装の励起光源実装基板1D内のポンプレーザダイオード7A、7Cの一方に異常が発生した場合は、ポンプレーザダイオード制御回路8A、8Cによって光カプラ11Aによる合波出力が変動しないように例えば一方を増加し、他方の減少分を補うように出力を調整する。1Eも同様の制御を行う。また、ポンプレーザダイオード実装の励起光源実装基板1D、1E内で運用状態にある方に異常が発生して制御不能になった場合は、エルビウムドープファイバ実装基板1A、1A2内の光スイッチ制御回路6A、6A2によって光スイッチ5A、5A2を切り換える。こうして1D、1Eのうち、異常が発生した基板はシステム運用状態のまま正常基板側にスイッチ切り換え

て異常基板のみを交換する。

【0017】上述したように同一装置内に2つの光ファイバアンプを実装するような場合に、各々の光ファイバアンプの励起光出力及び信頼性を高く保ちながら、かつ図1に示す構成より更に少ない規模にできるので、信頼性が高く、かつ回路規模を更に抑えたシステムが構築できる。また、励起光の経路には光カプラ、光スイッチが挿入されているが、ポンプレーザダイオード数を増やすことで1480nm/1550nmWDM光カプラ

(混合器) 4Aに入力される励起光パワーは完全冗長化の場合と比べて遜色ないレベルで入力できるので、所望の増幅光信号を得ることができる。

【0018】実施の形態2。増幅器ユニットには光スイッチのような可動素子無くした受動素子のみを搭載し、更に信頼性を向上した光増幅器を説明する。図3は本実施の形態における高信頼度光増幅器の構成図である。図において、1Fは光ファイバアンプ実装基板、1G、1Hは1480nmの励起レーザダイオードとその制御回路及び光スイッチとその制御回路を実装した基板であり、4Bは1480nmの励起光と1550nm帯光信号を合波する合波カプラ、5Bは光スイッチ、6Bはスイッチ切り換えの制御をする制御回路であり、その他の要素は実施の形態1における同番号の要素と同じものである。

【0019】上述構成の装置の動作は、図3の構成図から容易に判るが、以下に概要のみを述べる。図3の構成においては、図1の構成における1A内の光スイッチ5A及びその制御回路6Aを、光カプラ11Aに置き換えて、光カプラ11Aの2出力励起光をそれぞれエルビウムドープ光ファイバ3Aの両側から1480nm/1550nmWDM光カプラ(混合器)4A、4Bを通して入射させる構成をとる。また、励起光の切換はポンプレーザダイオード実装の励起光源実装基板1G、1Hのポンプレーザダイオード(励起光源)7A、7Bの出力に光スイッチ5A、5Bを接続し、その制御はそれぞれ光スイッチ制御回路6A、6Bで行う構成とする。光カプラ1G、1Hの励起レーザダイオード7A、7Bで運用状態にある片方に異常が発生した場合、システム運用状態のまま光スイッチ制御回路6A、6Bによって光スイッチ5A、5Bを同時に切り換えて異常基板のみを交換する。本実施の形態の装置によれば非冗長構成部である1Fは全て受動光部品のみで構成できるので、図1の構成に比べて更に信頼性の高いシステムを構築できる。しかもエルビウムドープファイバ実装基板3Aに入力されるトータル励起光パワーは完全冗長化の場合と比べて遜色がないレベルで入力できる効果は同じである。

【0020】図2に示すシステムに図3の構成の光増幅器を適用する場合を説明する。図4がその構成であり、図において、1F2は光ファイバアンプ実装基板、1I、1Jは1480nmの励起レーザダイオードとその

制御回路及び光カプラ及び光スイッチとその制御回路を実装した基板である。また4B2は合波カプラ、5C、5Dは光スイッチ6C、6Dはスイッチの制御回路、11A2、11Cは2入力2出力光カプラである。その他の要素は図1ないし3に示される同番号の要素と同等のものである。

【0021】上述構成の装置の動作概要を述べる。図において同機能を有するエルビウムドープファイバ実装基板1F、1F2が同一装置内に実装され、ポンプレーザダイオード実装の励起光源実装基板1I、1Jからの励起光をそれぞれ光ファイバ10C、10Dより入力する。励起光は図2のポンプレーザダイオード実装の励起光源実装基板1D、1Eと同機能を有する基板の光カプラ11B、11Cからスイッチ制御回路6Aないし6Dで制御される光スイッチ5Aと5C、5Bと5Dを経由して上述のエルビウムドープファイバ実装基板1F、1F2に供給される。ポンプレーザダイオード実装の励起光源実装基板1I、1Jで運用状態にある片方に異常が発生した場合、システム運用状態にまま光スイッチ5A、5B、5C、5Dを同時に切り換えて異常基板のみを交換する。

【0022】図3の構成における光スイッチの切換を、ポンプパワーを制御してどちらを励起するかを切り換えるように変更しても、動作と効果は類似となる。図5は上述のポンプパワー制御回路を用いた光信頼度光増幅器の構成図である。図において、1Kは光ファイバアンプ実装基板、1L、1Mは励起レーザダイオードとその制御回路を実装した基板、1Nは光ファイバアンプの出力を一定に制御するために励起レーザダイオードの出力パワーを制御する制御回路を実装した基板である。また11Dは増幅された光信号の一部を分岐して出力する光カプラ、12Aは11Dで分岐した光信号をモニタするフォトダイオード、13Aは上述のフォトダイオードでモニタした光パワーにより励起レーザダイオードの出力パワーを制御する制御回路、14Aは前記フォトダイオードでモニタした光パワーを電気変換した電気信号、14B、14Cは前記励起レーザダイオードの出力パワーを制御する制御信号である。その他の要素は図1ないし図3の同番号の要素と同じものである。

【0023】上述構成の装置の動作概要を述べる。図において図3の1Fと同機能の光カプラに光カプラ11Dを接続し、それによって分岐された光信号の一部をフォトダイオード12Aで光電気変換する。電気変換された信号14Aは制御回路実装基板1N内のポンプパワー制御回路13Aによって電気信号14Aが一定になるように励起レーザの出力を制御する制御信号14B、14Cをそれぞれポンプレーザダイオード実装の励起光源実装基板1L、1M内のポンプレーザダイオード制御回路8A、8Bに送信する。これによりポンプレーザダイオード(励起光源)7A、7Bの出力が制御される。ポンプ

レーザダイオード実装の励起光源実装基板 1 L、1 Mのどちらか一方に異常が発生した場合は、ポンプパワー制御回路 1 3 Aはエルビウムドープファイバ実装基板 1 Kの出力光信号を一定にしたまま異常の発生した方の励起レーザダイオードの出力を徐々にオフにし、他方の励起レーザダイオードの出力を高くする。こうしてオフになった励起レーザダイオードがある基板のみをシステム運用状態のまま交換すると、ポンプパワー制御回路 1 3 Aは交換後再びポンプレーザダイオード実装の励起光源実装基板 1 L、1 Mの励起高出力が同レベルになるように制御する。

【0024】実施の形態3。先の実施の形態では、損失は少ないと言いながら光スイッチまたは光カプラを用いて励起光を切り換える回路を説明した。本実施の形態ではそれらの要素をも必要としない極めて励起光使用効率の高い高信頼度光増幅器を説明する。図6は本実施の形態における高信頼度光増幅器の構成図である。図において、1 Pは光ファイバアンプ実装基板である。その他の番号の各要素は、既に図1ないし5で示した同番号のそれと同等のものである。

【0025】上述構成の装置の動作概要を述べる。図6の構成の装置は、図5での光カプラ 1 1 Aを削除して混合器 4 A、4 Bに各励起光を直接に接続した構成であり、励起光 7 A、7 Bが合波されずにそれぞれ混合器 4 B、4 Aから光ファイバ 3 Aに入力されて光増幅を行う。現用系としては例えばレーザダイオード 7 Aが励起されているが、異常検出されると他方のレーザダイオード 7 Bに切換えられて励起される。図6の構成によれば図5の構成と比べて励起光の伝送経路に光カプラがないので、挿入損失及びコストを抑えることができる。また、混合器 4 A或いは4 Bから光ファイバ 3 Aに入力されるトータル励起光パワーを大きくとれるのも他の実施の形態と同様である。

【0026】ポンプパワーを切換制御する構成に代えて光スイッチを用いる構成としてもよい。図7は上述構成の高信頼度光増幅器の構成図であり、図において、1 Qは光ファイバアンプ実装基板である。その他の要素は既に説明した同番号の要素と同等のものである。本構成の装置では、励起光の異常を検出して異常が起きた現用の励起光源と光スイッチをオフにし、予備系の励起光源を励起して光スイッチをオンにする。

【0027】実施の形態4。予備系の比重を少なくした、または低い励起光源で光増幅を行う高信頼度光増幅器を説明する。図8は本実施の形態における高信頼度光増幅器の構成図である。図において、1 G 2はポンプレーザダイオード実装基板、1 R、1 Sは光ファイバアンプ実装基板、1 Tは光カプラを実装した基板である。また5 A 2は光スイッチ、6 A 2は光スイッチ制御回路、7 A 2はポンプレーザダイオード、8 A 2はポンプレーザダイオード制御回路である。9 I、9 J、9 I 2、9

E 2は光コネクタ、1 0 E、1 0 F、1 0 G、1 0 G 2、1 0 Hは伝送路光ファイバ、1 1 Eは光カプラである。その他の要素は図1ないし図7における要素と同じ番号で示されている。

【0028】上述構成の装置の動作概要を説明する。図8に示される光スイッチの接続では、レーザダイオード実装基板 1 Gと1 Hが現用として励起され、レーザダイオード実装基板 1 G 2は予備系となっている。図8において、エルビウムドープファイバ実装基板 1 R、1 Sにそれぞれ光コネクタ 9 D、9 D 2より励起光が入力している。励起光はポンプレーザダイオード実装の励起光源実装基板 1 G、1 H、1 G 2の3冗長構成のうちの2系を光スイッチ 5 A、5 B、5 A 2で選択して出力している、この場合はポンプレーザダイオード実装の励起光源実装基板 1 G、1 G 2が選択されている。ポンプレーザダイオード実装の励起光源実装基板 1 G、1 H、1 G 2の出力が光カプラ実装基板 1 Tの入力となり、光カプラ 1 1 Eの3入力ポート接続されて、光カプラ 1 1 Eの2出力ポートに分岐されてエルビウムドープファイバ実装基板 1 R、1 Sに供給されている。運用状態にある2系統のポンプレーザダイオード実装の励起光源実装基板 1 G、1 Hの励起レーザダイオード 7 A、7 Bのうち一方に異常が発生した場合、システム運用状態のまま光スイッチ制御回路 6 A、6 B、6 A 2によって光スイッチ 5 A、5 B、5 A 2を同時に切り換えて、異常状態にある基板のみを予備基板である励起光源実装基板 1 G 2に切り換え、異常基板のみを交換する。

【0029】本実施の形態では、光ファイバアンプ実装基板 2枚、冗長系励起レーザダイオード実装基板 3板の場合について記述しているが、光カプラ実装基板の光カプラをM対Nカプラ（ $M > N$ ）にすることで、N枚の光ファイバアンプ実装基板に対して、M枚の冗長系励起レーザダイオード実装基板でシステムを構築できる。図8の例のように2つの現用系に対して1つの予備系でよい。上述の構成によれば、エルビウムドープファイバ実装基板 1 R、1 Sに能動部品、可動部品を含まないので高信頼度である特徴は他の実施例と同様である。また合成・分岐用の光カプラ 1 1 Eの合成入力数を増し、対応して励起光源のポンプレーザダイオード数を増加させた構成とすれば、これらの増加した励起光源を含めて、増幅対象の光ファイバ 3 A等の数より多い励起光源を充当することができて、個々の励起光源には相対的に低いパワーの励起光源でも構成できる。

【0030】図には示さないが、図8の構成で光スイッチ 5 A、5 B、5 A 2を使用することに代えて、図5、図6に示されるポンプパワー制御回路を用いてポンプレーザダイオード制御回路 8 A、8 B、8 A 2を切換制御するようにしてもよい。上述構成の装置の動作は、既に述べた各実施の形態における装置の動作記述から明かなので記述を省略する。この構成によっても、上述の各実

施の形態における装置が持つ特徴を同様に持つことになる。

### 【0031】

【発明の効果】上記のよう本発明によれば、1つの光増幅対象に複数の励起系を切換えて接続する構成とし、信頼性の低い電気回路で動作する能動部品の部品のみを冗長構成としたので、高信頼度でありながら回路規模を小さくできる効果がある。また、信頼性の高い光信号のみで動作する受動部品の部分は切替えないので、冗長化に伴う光信号のレベル変化を少なくできる効果もある。

【0032】また更に、光カプラを用いないで現用と予備を切り換えるように構成したので、光損失を少なくできる効果もある。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1における高信頼度光増幅器の構成図である。

【図2】 実施の形態1における他の高信頼度光増幅器の構成図である。

【図3】 本発明の実施の形態2における高信頼度光増幅器の構成図である。

【図4】 実施の形態2における他の高信頼度光増幅器の構成図である。

【図5】 実施の形態2における他の高信頼度光増幅器の構成図である。

【図6】 本発明の実施の形態3における高信頼度光増幅器の構成図である。

【図7】 実施の形態3における他の高信頼度光増幅器の構成図である。

【図8】 本発明の実施の形態4における高信頼度光増幅器の構成図である。

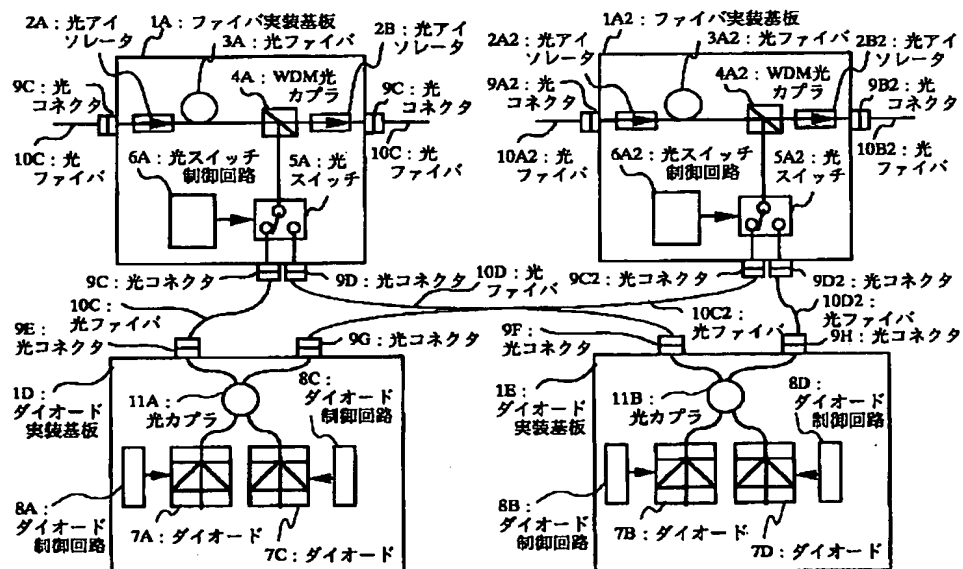
\*【図9】 第1の従来例である冗長構成の光ファイバアンプの構成図である。

【図10】 第2の従来例である冗長構成の光ファイバアンプの構成図である。

### 【符号の説明】

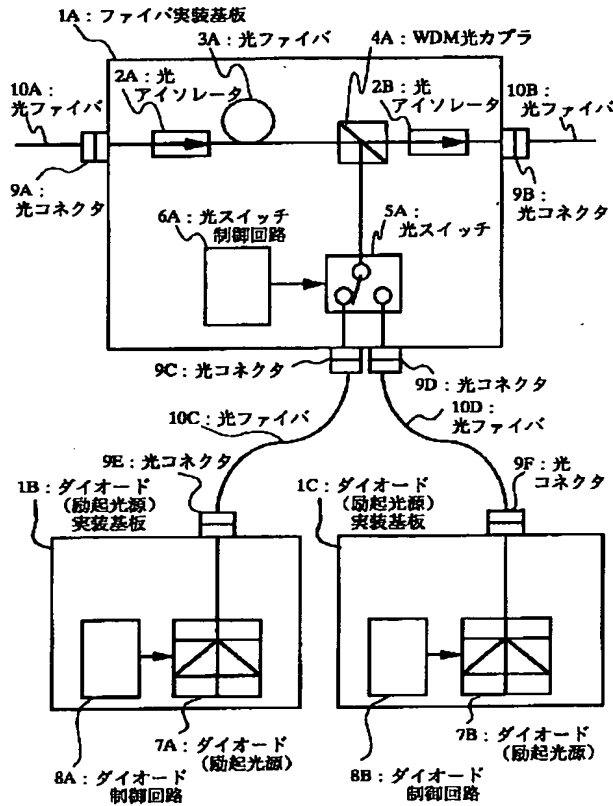
1A, 1A2, 1F, 1F2, 1K, 1P, 1Q, 1R, 1S1U, 1U2エルビウムドープファイバ実装基板、1B, 1C, 1D, 1E, 1G, 1G2, 1H, 1I, 1J, 1L, 1M ポンプレーザダイオード実装の  
10 励起光源実装基板、1N ポンプパワー制御回路実装基板、1T, 1V 光カプラ実装基板、1W 光スイッチ実装基板、2A, 2B, 2A2, 2B2 光アイソレータ、3A, 3A2 エルビウムドープ光ファイバ、4A, 4B, 4A2, 4B2 1480nm/1550nm WDM光カプラ (混合器)、5A, 5A2, 5B, 5C, 5D, 5A2 光スイッチ、6A, 6A2, 6B, 6C, 6D, 6A2 光スイッチ制御回路、7A, 7A2, 7B, 7C, 7D, 7A2 ポンプレーザダイオード (励起光源)、8A, 8A2, 8B, 8C, 8D, 8A2  
20 A2 ポンプレーザダイオード制御回路、9A, 9B, 9C, 9D, 9E, 9E2, 9F, 9G, 9H, 9I, 9I2, 9J, 9K, 9L, 9M, 9N, 9P, 9Q, 9A2, 9B2 光コネクタ、10A, 10B, 10I, 10J, 10A2, 10B2 信号光伝送路光ファイバ、10C, 10D, 10E, 10F, 10G, 10G2, 10H, 10C2, 10D2 ポンプ光伝送路光ファイバ、11A, 11B, 11C, 11D, 11E, 11K, 11A2 カプラ、12A フォトダイオード、13A ポンプパワー制御回路、14A, 14B, 14C, 14D 電気信号。

【図2】

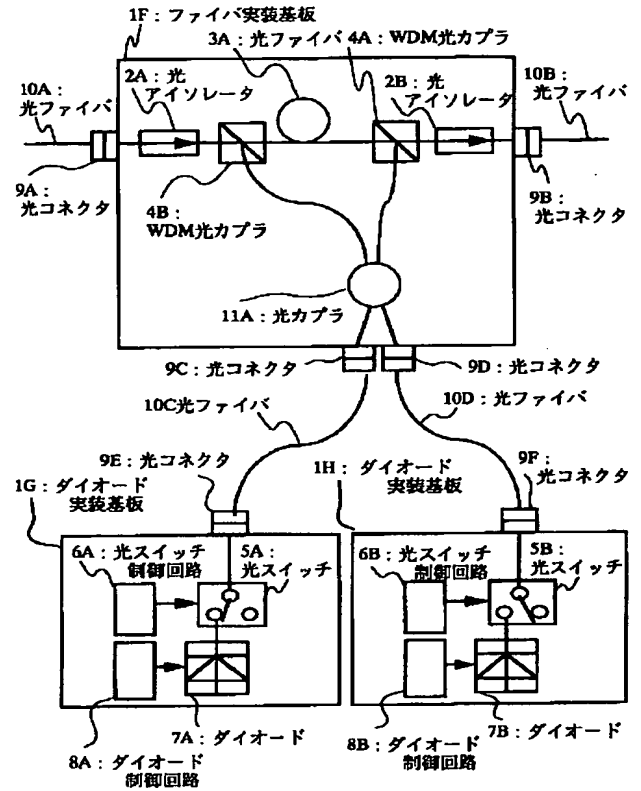




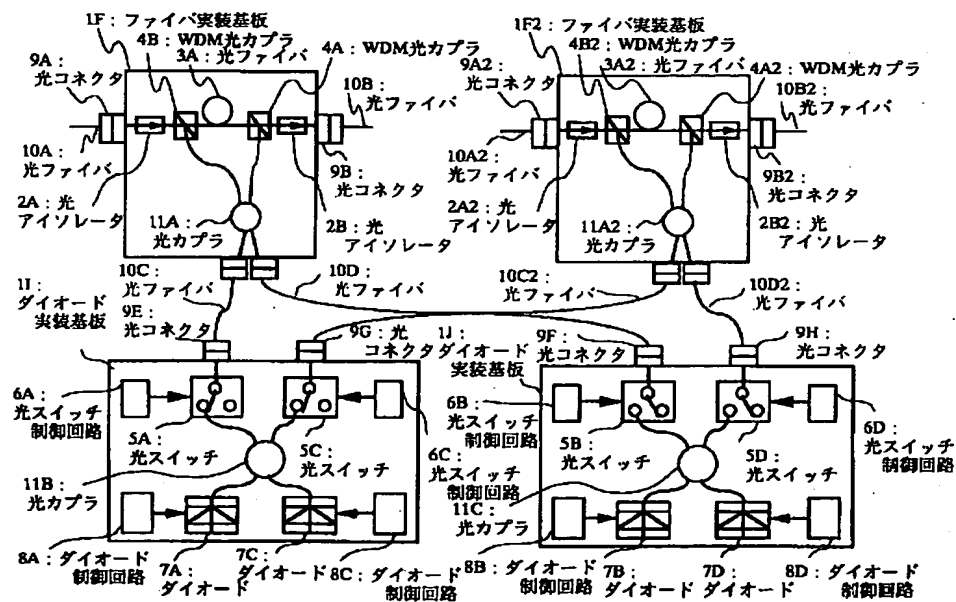
【図1】



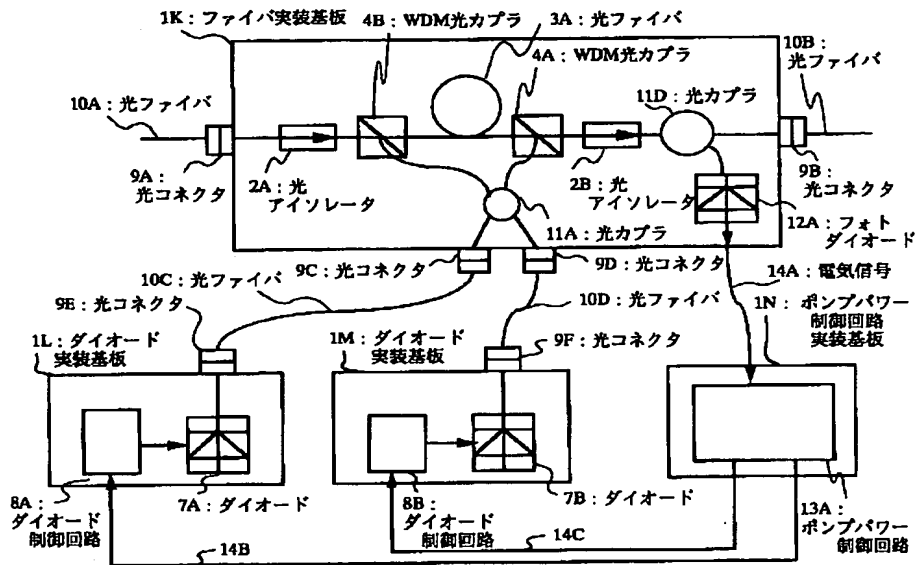
【図3】



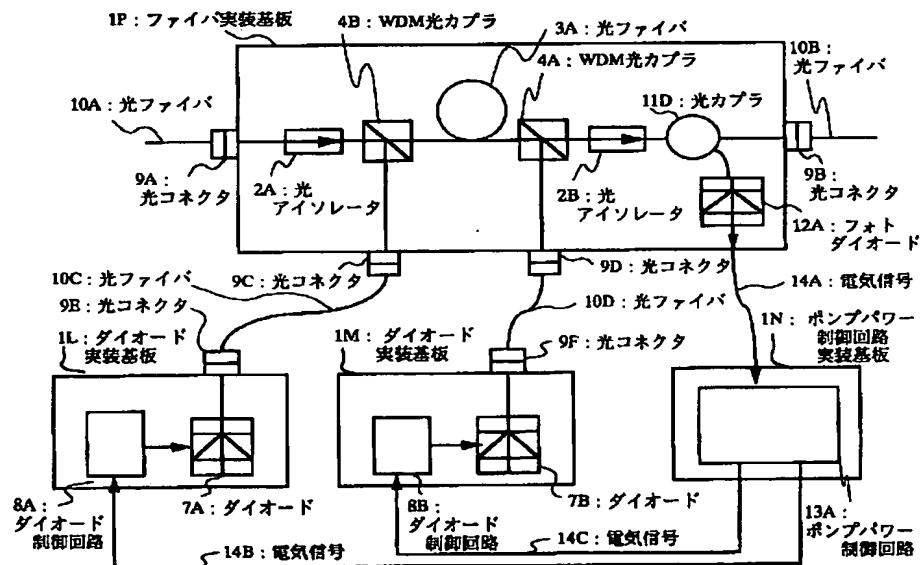
【図4】



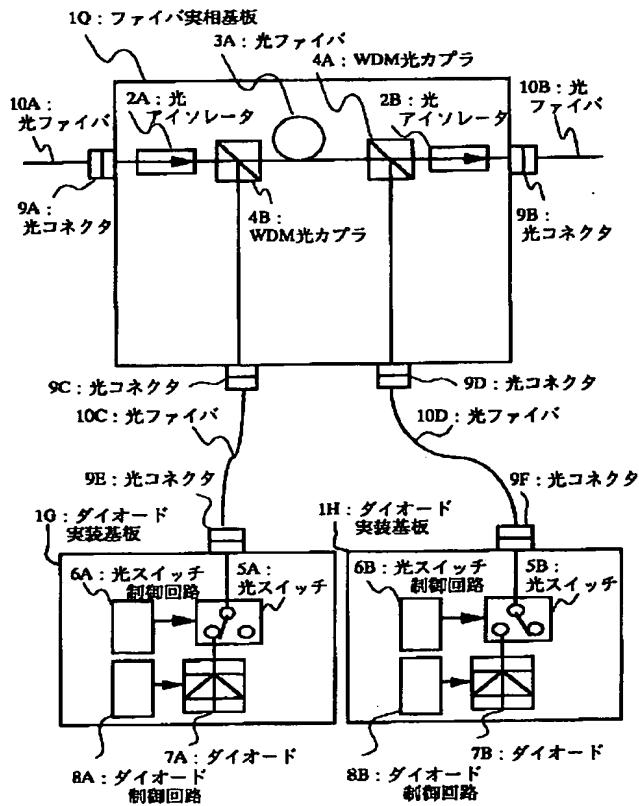
【図 5】



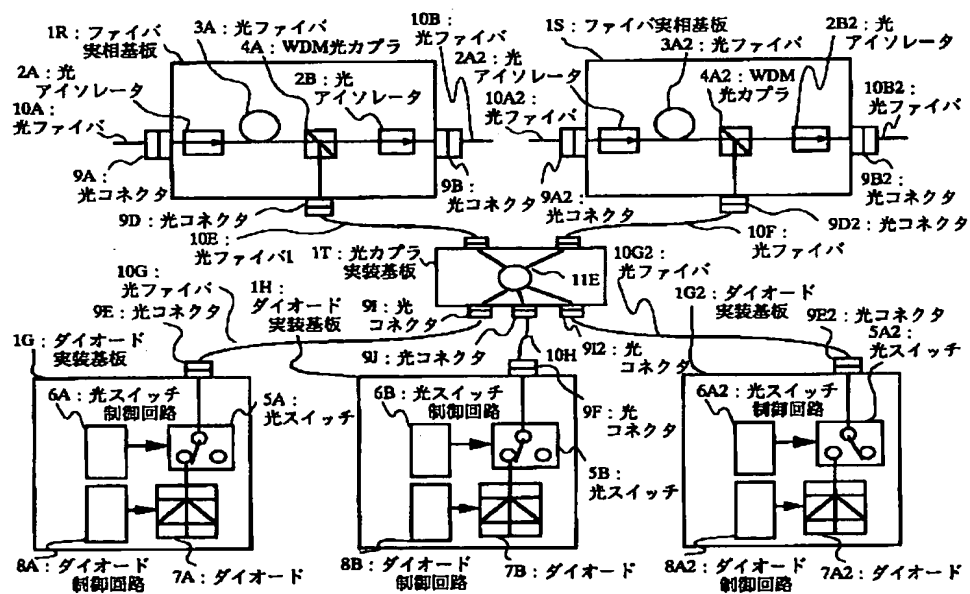
【図 6】



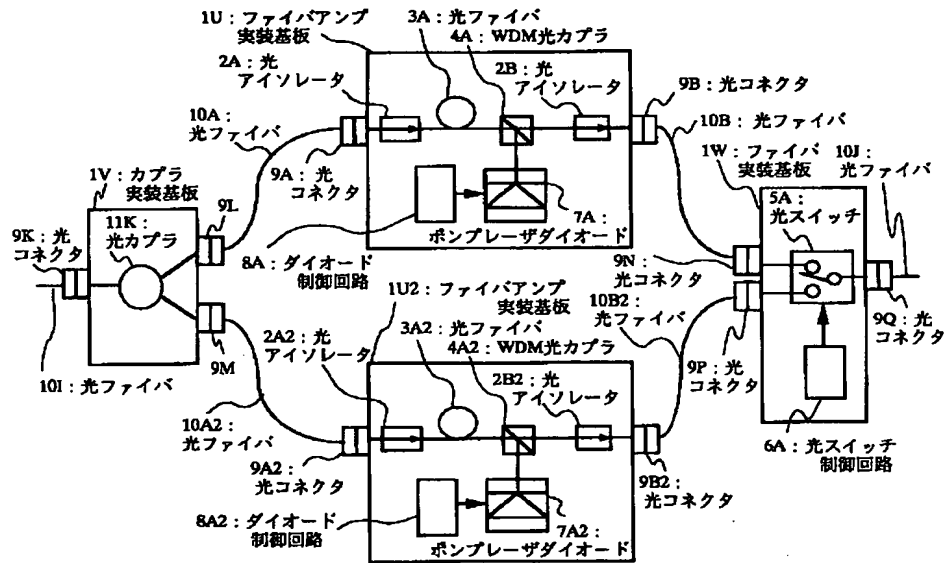
【図 7】



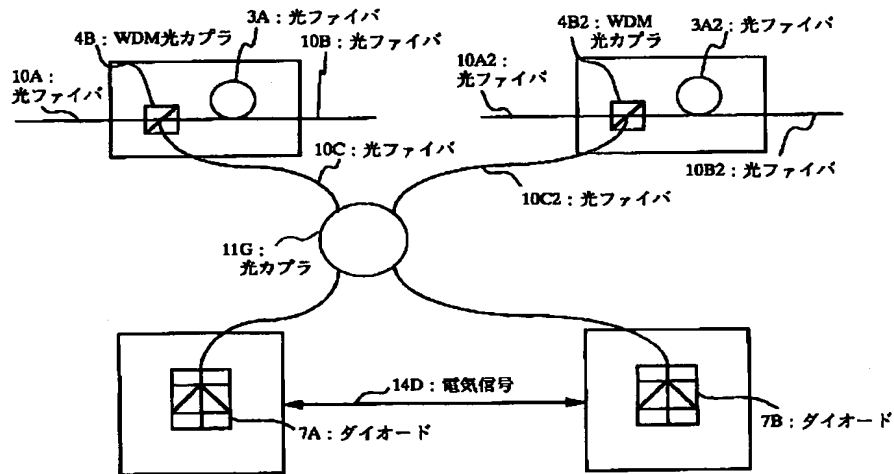
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. °

H 0 4 B 10/06

10/04

識別記号

F I